

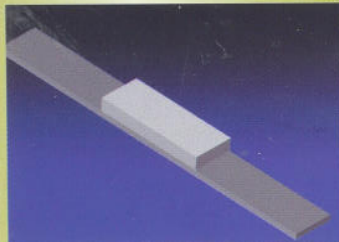
## La gamme :

**Tous les systèmes  
du marché  
recensés**



## Les matériaux :

**céramiques  
techniques  
et cosmétiques**



## Les protocoles de réalisations :

**fonctionnement de  
chaque système**



# la révolution du cad/cam

◆ *Les avis des confrères équipés, des personnalités de la profession, notre enquête, tout ce qu'il faut savoir pour faire le bon choix.*



# DOSSIER CAD/CAM... SOMMAIRE

## 5 Historique

PAR FRANCOIS DURET : INVENTEUR DU CONCEPT

## 8 Présentation

PAR JEAN-PIERRE HEYBLOM

## 15 Toute la gamme

48 TOP 11 DES FABRICANTS DE CAD/CAM

## 49 Les matériaux du cad/cam

LES MATÉRIAUX D'INFRASTRUCTURE PAR FRANÇOIS LELIÈVRE ET PIERRE-DOMINIQUE REY

UN POINT SUR LA ZIRCONÉ PAR JEAN-PIERRE HEYBLOM

LES TECHNIQUES DU FUTUR PAR BERTRAND BUSSON, PIERRE-DOMINIQUE REY ET FRANCOIS DURET

LES COSMÉTIQUES DÉDIÉS PAR SERGE GRYNFAS

## 83 Les autres outils numériques

PAR IMAD GHANDOUR ET RÉMY CACHIA

## 99 Les "info-prothésistes"

PAR JEAN-PIERRE HEYBLOM, JEAN-MICHEL PIVARD, BENOIST PLOUHINEC, PASCAL PIRRON

ET RÉMY CACHIA

## 107 Les avis

NOTRE ENQUÊTE

LES UTILISATEURS, LES NON UTILISATEURS, LES INDUSTRIELS

## 131 Les protocoles

TOUTS LES SYSTÈMES

UN CAS COMPLET DE A À Z

## 163 Envisager l'investissement

PAR ALAIN GUILLAUME, JEAN-YVES ELIE ET JEAN TRÉNIT

## 171 Synthèse et conclusion

PAR JEAN-PIERRE HEYBLOM ET ALAIN GUILLAUME,

## 177 Régions

## 185 Agenda

## 188 P'tites annonces



PROCHAINE PARUTION FIN SEPTEMBRE

n° 200/201  
n° 200/201

Juillet/août 2003

Directeur de la publication Alain GUILLAUME  
Rédacteur en chef Jean-Pierre HEYBLOM  
Adjointe de la Publicité Carly LOCK

Assistante de Publication Najet BENMILOUD

et Secrétaire de Rédaction Harry LEVY  
Directeur scientifique Rubrique Etudiants

Service lecteurs, librairie Najet BENMILOUD

Maquette, illustrations Didier GUERRE / Martine PESTANA

Conseil technique orthodontie Eric HÉBERT & Laurent MUNEROT

Conseil technique céramique Marc CRISTOU

Conseil technique occlusodontie Michel HENNÉ

Relation Industries, Evénements Christian FERRARI

Conseiller matériel, produits et

Conseil technique implantologie Serge GRYNFAS

Vérification des traductions Jacques BRAUN

Maquette, Photocomposition Groupe C.R.G.

et Photogravure

Représentant pour la Belgique Marnic TORCQUE

Représentant pour la Suisse Jan SEDLAK

Représentant pour le Canada Marc DESROSIER

Correspondant pour l'Australie Jacques THÉOPHILE

Correspondant pour l'Amérique du Nord Norma PETERS

### Ont participé au numéro

H. ANGELES, G. AMBROSINO, F. AUGER, P. BERNADAC, P. BONGERT, J. BOILAISGUI  
A. BONNEL, N. BOUSQUET, J. BRAUN, B. BUSSON, D. CADIOU, G. CORSI, P. DIEBOL  
MR DUBOIS, F. DURET, J-Y ELIE, L. FAYOLLA, F. FERRERO, I. GHANDOUR, B. GOBER  
A. GOUPIL, Y. GOURRIER, S. GRYNFAS, JP HEYBLOM, J. HORNBECK, D. KORSON, F.  
LABORDE, B. LACORDAIRE, M. LEGOFF, F. LELIÈVRE, M. LEMOUEL, E. LOYAU, Y.  
MAHIAT, J. MAHOUX, G. MARTIN, C. MARTINEZ, JP MICHE, H. MOUTON, JM PIVARD  
P. PIRRON, B. PLOUHINEC, P.-D. REY, M. SCHULTZ, C. SIREIX, J. SOUQUET, A.  
TIBERT, J. TRÉNIT, P. VITOUX, E. WOLFFSBERGER, R. WÜRTZ.

### Équipe « Dental Technologies »

Rédacteur en Chef Aalice STIVEN

Directrice Adjointe de Publication et service Lecteurs Carly LOCK

Conseillers techniques Russel HOWELL, Tony PEDIANI,  
Sean SMITH, Steve FRITH

Éditions CRG 114, rue Michel-Ange - 75016 PARIS  
Tél. : 01.46.51.43.21 - Fax : 01.46.51.24.49

e-mail : [crg@club-internet.fr](mailto:crg@club-internet.fr) (courrier)

ADSL : [crg.paris@wanadoo.fr](mailto:crg.paris@wanadoo.fr) (images et fichiers lourds)  
ISSN : 0981-3084

Prix de vente au numéro : 12 € / Dossier : 40 €  
Ce numéro comporte un encart R<sup>9</sup> V<sup>9</sup> de la société Bredent



N° de Commission paritaire : 0901 T 68635 - Dépôt légal 3<sup>e</sup> trimestre 2003  
Impression : SIB

Toute reproduction même partielle du contenu de ce magazine est soumise à l'autorisation expresse des Editions C.R.G.  
© Editions C.R.G. 2003.

SPECIAL CAD / CAM



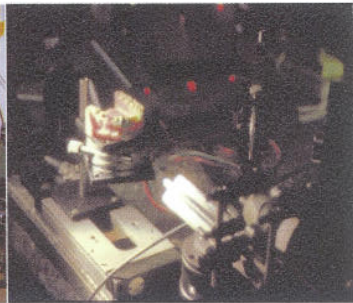
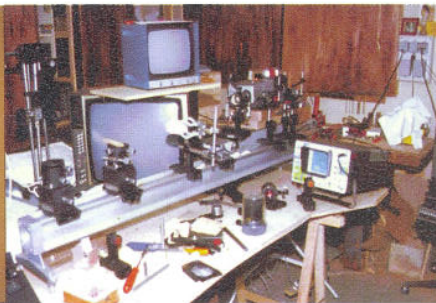
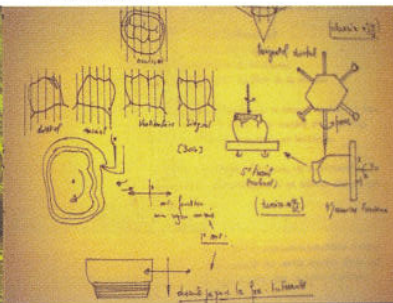
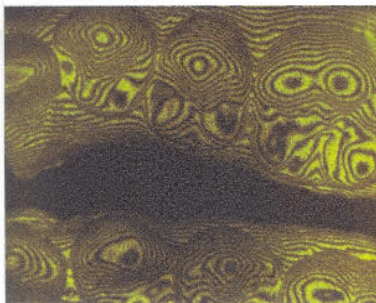
# Historique... Historique... Historique... Historique

## du CAD / CAM

1) Première empreinte optique par moiré en 1968.

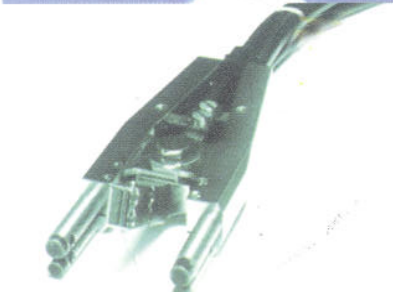
2) Couverture de thèse et pages importantes.

3-4) Mon laboratoire de recherche entre 1976 et 1982.

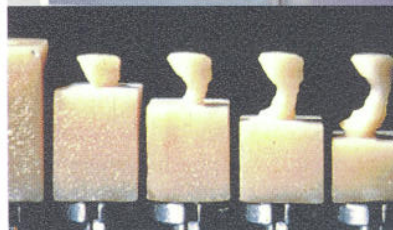
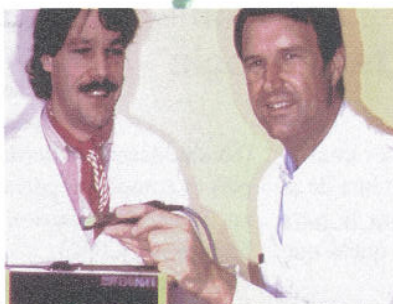


# du CAD / CAM

5-6) Garancière en 1982



7-8-9) CEREC 1 avec Mobermann et Brandestini 1985



Avant la naissance de la CFAO dentaire, un certain nombre de chercheurs utilisaient l'optique pour : soit effectuer des mesures de dents (Université du Michigan - 1968), soit faire des usinages de couronnes (A. Schuller ou Swinson - 1973).

La naissance de la CFAO s'est faite entre 1971 et 1973 dans nos laboratoires français et le premier document qui l'a matérialisée est la thèse « Empreintes optiques » soutenue à Lyon et décrivant en 400 pages ce qu'est la CFAO aujourd'hui.

A partir de ce document a commencé la véritable histoire de la CFAO.

### LA PREMIÈRE ÉPOQUE FUT LA PÉRIODE DES PIONNIERS.

Elle s'est déroulée de 1975 à 1985.

En France, notre équipe fait quelques présentations/essais techniques et, à partir de 1980, s'associe avec Thomson puis Matra afin de créer une structure de Recherche et de Développement qui deviendra la fameuse société Henson dirigée par J.P. Hennequin (d'où le nom d'Henson). L'aboutissement de ces travaux, en dehors des nombreuses publications, fut la première démonstration de CFAO au monde lors des « Entretiens de la Garancière » en 1982, puis la réalisation de couronnes dentaires sur patient (mon épouse) en 1985 à l'ADF.

Parallèlement, certains travaux étaient menés aux Etats-Unis en particulier grâce à l'action énergique de Diane Reko. Ceux-ci étaient surtout ponctués par des publications. Au Japon, dès 1975, l'équipe de Aoki, de Fujita mais aussi de Yushihama, le tout sous le bienveillant contrôle de Tsutsumi, ont permis à ce pays hautement réputé pour sa robotique d'effectuer une multitude de travaux et publi-

**“A partir de ce document a commencé la véritable histoire de la CFAO”.**



# Historique... Historique... Historique... Historique...

10) Le système Henson en 1987

11) Modélisation de la couverture de Jada

12) D Reko et le système BEGO 1987

13) CEREC 2 1990

14) Usinage avec CEREC 2 1990



fications permettant de faire avancer la CFAO non pas globalement mais par secteur d'activité (étude des usinages des matériaux mous et durs, étude de modélisation de couronnes simples et complexes, prise d'empreintes par micropalpage ou par laser...).

Toujours est-il que, tant aux Etats-Unis qu'au Japon, aucune synthèse aboutissant à un appareil complet n'existait, à la différence de ce que présentait notre équipe dès 1982.

C'est pour une double raison :

- une thèse soutenue en 1973 sous le nom d'«Empreintes optiques»,
- des démonstrations pratiques, prouvant l'intérêt de ce document (de 1982 à 1993), que nous sommes considérés comme les concepteurs et les inventeurs de la CFAO dentaire et que la France restera le pays berceau de cette nouvelle technologie quels que soient les oublis dans la publication...

En 1985 sont apparues deux nouvelles équipes qui allaient développer les systèmes aujourd'hui les plus importants du marché :

- le CEREC, système développé à Zurich par Moerman et Brandestini,
- le PROCERA développé par Matt Anderson en Suède.

## C'EST LA DEUXIÈME PÉRIODE DE L'HISTOIRE DE LA CFAO QUI COMMENCE ALORS

Cette période est marquée par une lutte scientifique menée par quatre équipes jusqu'en 1990.

- L'équipe de Moerman rejoint Siemens et démontre la convivialité de son petit système transportable.
- Celle de Matt Anderson s'oriente vers l'usinage et l'électroformage des titanes et est la première

à proposer de déporter la fabrication hors des laboratoires de prothèse.

- Aux Etats-Unis, Diane Reko concentre son activité sur la modélisation et l'optimisation de l'occlusion après un bref passage chez Bego.

**“et que la France restera le pays berceau de cette nouvelle technologie”**

Enfin, notre équipe continue son ascension en restant toujours le leader au sein de la société Henson, en multipliant les présentations et les démonstrations et en proposant en plus le premier matériau fibreux pour prothèse (ARISTEE), l'occlusion statique et dynamique (Access Articulator), l'analyse de teintes par ordinateur

(Shade Master de Bertin) et les reconstitutions simples et complexes permettant de présenter à Berlin en 1989 la réalisation et l'usinage des premiers bridges par CFAO.

Cette deuxième période a indiscutablement marqué la CFAO et rapproché tous les acteurs pionniers que sont Moerman, Reko, Anderson, Tsutsumi et moi-même, sans oublier notre ami Van der Zeel, au sein d'une lutte scientifique mais d'un cercle d'amitié indélébile.

## A PARTIR DE 1990 A COMMENCÉ UNE AUTRE PÉRIODE

Dominée par l'impact du groupe industriel décidant de soutenir ou pas les travaux de laboratoire.

1- En France, nous assistons à l'implosion financière de la société Henson rachetée par Sopha, entreprise incapable de redonner cette vitalité qui animait le groupe hensonien avec Jean-louis Blouin et Gilles Deschelles.

L'équipe explose et je pars aux Etats-Unis (cette



# Historique... Historique... Historique... Historique...

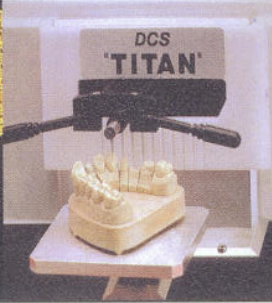
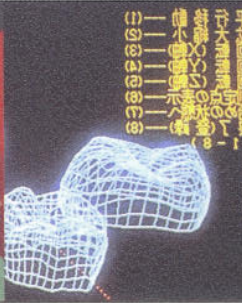
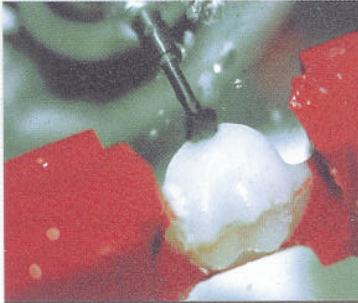
15) Usinages aux USA 1990

16) Travaux japonais avant 1990

17) Micro palpeur du DCS en 1991

18) 1er système GC 1993

19-20) Système actuel GC 1995



société ne tiendra pas plus de deux ans et brisera 20 ans d'efforts).

2- Moerman, grâce à l'Université de Zurich et Siemens, évolue d'une façon remarquable vers un système de plus en plus performant (le CEREC 2 remplace bientôt le CEREC 1) au milieu des années 1990. Ce système devient le leader incontesté de la CFAO dentaire dans le monde.

3- Le système PROCERA s'étoffe grâce au soutien de Nobel Pharma/Biocare.

4 GC, la grande compagnie japonaise, rejoint le pool des industriels de la CFAO dentaire avec l'appui des groupes Nikon et Hitachi.

J'ai personnellement rejoint cette équipe en 1993.

**C'est donc dans cette période des années 1990 que commence la phase de commercialisation des premiers appareils de CFAO.**

Les dix années qui suivront ne seront pas marquées par des étapes révolutionnaires, mais par l'arrivée progressive de petites équipes performantes ou de grands groupes dans cette nouvelle discipline.

C'est dans cette période que sont apparus les systèmes purement manuels tels que le Celay, le Ceramatic et plus récemment le Wol Ceram, des systèmes compacts comme le Cercon de Degussa ou l'extraordinaire Cerec 3.

Parallèlement, des systèmes spécifiquement orientés se sont imposés auprès des laboratoires grâce à une grande capacité évolutive, et ont démontré leur efficacité sans cesser d'évoluer vers des réalisations prothétiques de plus en plus complexes comme le DSC en Allemagne et les systèmes de Nissan - photo ou Cadim au Japon.

Ces deux derniers systèmes ont cheminé vers une machine de plus en plus compacte, capable d'être identique en volume à un four de céramique. Les

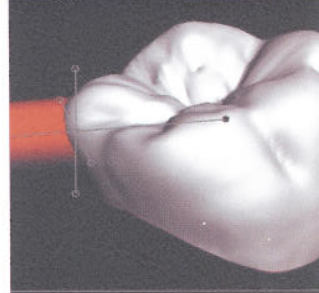
unités de scannage et de fraisage sont totalement miniaturisées, alors que le DCS s'est au contraire orienté vers une machine de conception universelle en offrant un large panel de matériaux et évoluant récemment vers l'implantologie, domaine qui était jusque là réservée au Procera.

Une troisième catégorie d'appareils se sont différenciés des précédents par le fait que, au lieu d'être totalement intégrés au laboratoire ou au cabinet, ils pouvaient être divisés en deux parties :

- une partie strictement d'empreintes et de modélisation dans le centre de travail des prothésistes,
- et une seconde chargée de l'usinage, située dans des centres spécialisés. Il s'agit du Future-Dent de Bégo, du Pro 50 de Cynovad, de la dernière version CAD esthétique et bien sûr du Procera.

Les deux raisons essentielles qui ont motivé cette évolution vers un éclatement du système sont :

- le coût de l'usinage et de sa maintenance,
- la possibilité de procéder à des usinages de matériaux de plus en plus complexes.



21) Système CADIM 1997



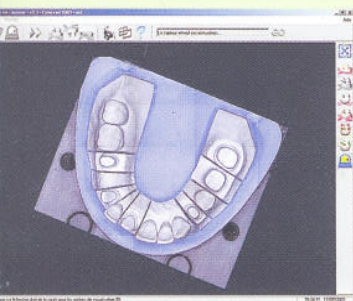
22) Système NISSAN appel DECSY 1997



L'histoire de la CFAO est maintenant bien lancée, et l'on a pu constater, lors du dernier l'IDS 2003 à Cologne, que plus de 10% de la surface des expositions était consacrée à cette technologie florissante. Nous pouvons affirmer que plus personne ne doute aujourd'hui de son avenir.

Par François Duret





## Présentation du plan

### CAD/CAM la véritable révolution...

Le CAD/CAM, terme déjà employé pour notre mini dossier spécial lors du retour de Cologne en 2001, n'est toujours pas connu de tous !

En revanche, dès que l'on parle de conception... et d'usinage par ordinateur, les oreilles et les yeux s'ouvrent toujours avec un air interrogatif. Cela fait maintenant près de douze ans que les premiers initiés connaissent ces systèmes : CAD ou CAO et CAM ou FAO. Lancé par Mr Duret dans les années 70, ce vieux rêve plus ou moins partagé par tous est maintenant une réalité.

Cette année, nous vous proposons un numéro entièrement consacré à ces nouvelles technologies. Informatique, logiciel, numérique, scanner, modélisation, modem... Voilà un avant-goût des termes qu'il faut désormais maîtriser pour rentrer dans ce nouveau monde "prothétique digital". Tout d'abord, après le récit des prémices de cette révolution par le docteur Duret, nous vous présentons une visite guidée de l'ensemble des systèmes présents actuellement, ou à venir, sur le marché français. Nous les avons classés et avons organisé un comparatif entre tous afin de mieux les confronter. Ces nouveaux procédés drainent bien sûr, et c'est là aussi leur intérêt majeur, pléthore de matériaux innovants. Quels sont-ils ? Quels intérêts offrent-ils?... Autant de questions qui permettront de bien les comprendre.

Par la suite, nous ferons le point sur les cosmétiques de nouvelle génération dédiés spécialement à ces nouveaux matériaux d'infrastructure qu'offrent les technologies CAD/CAM.

Dans la riche gamme informatique qui envahit l'ensemble des domaines, nous avons également voulu vous apporter des infos simples et pratiques quant au champ de la gestion des images et des teintes, sans perdre de vue qu'ils seront peut-être bientôt intégrés au système CFAO.

Alors que le protocole de travail se voit totalement bouleversé avec une nécessité de connaissances nou-

velles et fondamentalement différentes, voyons ce qui est alors proposé sur le plan de la formation pour ces prothésistes désormais nommés :

« info-prothésistes ».

Comment envisager l'avenir ? Que faut-il posséder comme capacité pour cette spécialité à part entière ? Un point sur la formation avec les propositions des sociétés, nos avis et celui d'un centre d'enseignement, pour que cela s'organise vite et bien.

Une autre partie, si ce n'est la plus importante, est consacrée à ceux qui se sont déjà penchés sur l'analyse et la réflexion techniques : l'investissement. Comment faut-il l'envisager ? quels sont les principaux éléments dont il faut tenir compte ? Quelques réponses pour nous guider.

Enfin, ce qui ravira chacun d'entre vous, et qui reflète réellement l'esprit de la profession, l'avis des confrères. Pourquoi ont-ils choisi tel ou tel système ? Quelles sont leurs interrogations ? Comment envisagent-ils l'avenir ? Autant de questions et de réponses qui nous permettent d'entrevoir la direction prise dans ce marché de

demain.

C'est en dernier lieu que nous présentons les différents protocoles de chaque système par leurs utilisateurs. Vous visualiserez quelques étapes principales d'analyse, de conception-modélisation et de fabrication.

Vous aurez désormais une idée plus précise de ce qu'est nommé mondialisation oblige : Le CAD/CAM.

Enfin, après un cas complet de A à Z réalisé en CAD/CAM, nous vous livrerons une synthèse globale comportant nos premières conclusions, nos interrogations, nos mises en garde, mais également notre enthousiasme pour cette nouvelle ère qui débute aujourd'hui.

Bien entendu, il va de soi que nous n'avons pas encore pu avoir toutes les informations, il y aura

**“ce vieux rêve plus ou moins partagé par tous est maintenant une réalité”.**





loir considérer que dans cette partie là, la machine nous propose un type de travail fondamentalement différent dans la conception et la réalisation.

### *Le marché ?*

Quel est le potentiel du marché dentaire? Est-ce que les praticiens vont être en demande, comment susciter leur intérêt ? Et les patients, comment seront-ils tenus au courant ?

Le marché, comme nous l'avons constaté précédemment pour le tout céramique ou d'autres nouveaux produits, ne devient effectivement porteur que lorsqu'il s'assoit dans une certaine fiabilité. En

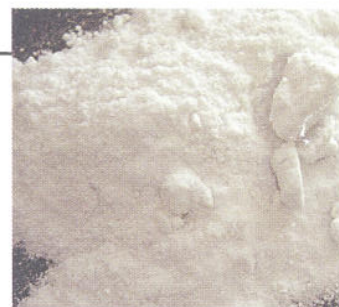
général, la clientèle constate les bienfaits de ces nouveaux procédés par notre intermédiaire, par le biais plus ou moins fin des industriels, et aussi de plus en plus par les demandes des patients qui s'informent plus fréquemment de ce qu'on leur met en bouche, même si ils sont encore en petit nombre.

Ces procédés n'ont rien de commun avec tout ce qui s'est déjà produit comme nouveauté dans notre profession. Ils ont le mérite, avec des techniques hautement technologiques, sans faille tant sur le plan de la qualité des résultats que sur celles des matériaux proposés, de nous amener dans une nouvelle dimension de conception jamais atteinte à ce jour.

## Les matériaux

Qu'ont-ils de nouveau ? Sont-ils fiables? Les cosmétiques et ces nouveaux matériaux sont-ils compati-

bles?... Autant de questions qui trouveront réponse tout spécialement dans la partie matériau de ce dossier.



## L'avenir

### *L'avenir sur tous les plans*

Sur le plan éthique :

Est-ce bénéfique ou non pour la profession?

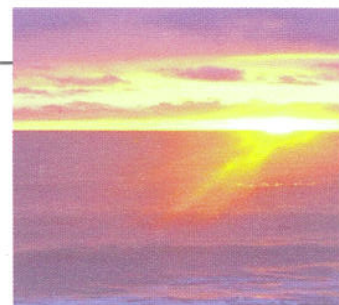
Sur le plan pratique :

Se dirige-t-on vers une nouvelle phase professionnelle ou certaines étapes vont-elles totalement disparaître?

Il va sans dire qu'il existe de multiples questions que nous ne pouvons recenser intégralement ici. Elles vous viendront à l'esprit lors la lecture de ce dossier, et nous espérons vous apporter un maximum de

réponses les plus claires possible.

Mais avant cela, nous laissons la parole au Pr Duret qui, étant le premier à s'être passionné pour ce sujet, nous a légitimement semblé celui à qui nous devons laisser le rôle majeur, de présentation et d'explication des principes fondamentaux de la conception et de la fabrication assistée par ordinateur.



Jean-Pierre Heyblom.





## I Les étapes essentielles

Il existe de nombreuses tentatives de qualification du système CFAO (CAD/CAM en anglais).

Une chose est sûre, c'est que le concept même peut être divisé en trois étapes successives telles qu'elles ont été décrites pour la première fois dans les «Cahiers de prothèse» en 1985.

- 1) L'étape de prise d'empreinte \*\*
- 2) La modélisation
- 3) L'usinage

### 1) L'ÉTAPE DE PRISE D'EMPREINTE \*\*

\*\*Il s'agit de prendre des dimensions, de réaliser un relevé de données. La prise d'empreinte telle qu'on la conçoit est une aberration de langage ; cette opération s'effectue sur n'importe quel support (bouche, modèle en plâtre, ou tout autre matériel sur lequel on enregistre des données.)

#### *le relevé des dimensions*

Cette étape a pour objectif de relever les dimensions (en réel ou en virtuel) de la forme présente, puis de les rendre exploitables par un ordinateur.

Il existe trois grandes méthodes de prise d'empreinte aujourd'hui :

- 1 - la méthode traditionnelle utilisant des pâtes d'empreintes,
- 2 - une méthode par micro-palpage (Procera) faisant un relevé topographique de la préparation à l'aide d'un stylet palpeur,
- 3 - une troisième méthode basée sur des effets optiques permettant un relevé tridimensionnel, le plus connu étant les effets moirés créant des courbes de niveaux à la surface des préparations.
  - a) Les méthodes basées sur des effets optiques se divisent en trois grandes catégories.

#### *Ces scanners optiques travaillent :*

##### A) - soit point à point

Il s'agit de suivre le déplacement d'un point sur l'em-

preinte à l'aide d'une caméra. Cette méthode est tout à fait comparable à celle de micro-palpage. Généralement, ce type d'empreinte mobilise le scanner pendant une à trois minutes et doit fixer le modèle pour garder la même référence durant toute la lecture. Le calcul est très simple.

##### B) - les méthodes ligne par ligne

Ces méthodes, plutôt que de s'attacher à un point unique, suivent une ligne constituée d'un ensemble de points situés sur une même droite. C'est un perfectionnement de la précédente qui permet de faire une lecture variant entre 10 secondes et une minute. Les contraintes sont les mêmes. Le calcul est un peu plus complexe.

**“L'information ainsi obtenue est une information matérielle dans le cas de l'empreinte classique et une information électrique lorsqu'il s'agit de mesurer le déplacement du micro-palpeur ou l'effet optique sur le capteur”.**

##### C) - la méthode matricielle.

La troisième méthode est dite matricielle car ce n'est plus une ligne unique, mais un ensemble de lignes qui sont projetées en une volée. On peut voir deux types de développement utilisant cette méthode.

a) - La première technique prendra de une à cinq secondes, et consistera à projeter des lignes d'épaisseur variable ou de couleurs différentes (méthode chromatique). Cette distinction d'épaisseur ou de couleur permet de différencier la profondeur de l'image, en particulier si certaines zones de prise de vue ne sont pas réunies (zone non connexe).

La plupart des systèmes aujourd'hui utilisent cette technologie. Le système Cerec a, en particulier, réussit à diminuer à moins d'une seconde ce type de prise de vue. b) - La deuxième technique est beaucoup plus complexe car basée sur l'analyse des phases, c'est-à-dire des ondulations de la lumière. C'est une sorte de moirée électronique.

Cette méthode a le très gros avantage de ne pas être influencée par la couleur des volumes mesurés. Elle permet aussi des prises d'empreinte en dessous de la seconde. Elle est donc toute destinée à des empreintes endo-buccales. Cette méthode a été mise en œuvre pour la première fois par notre équipe en 1983.





L'information ainsi obtenue est une information matérielle dans le cas de l'empreinte classique et une information électrique lorsqu'il s'agit de mesurer le déplacement du micro-palpeur ou l'effet optique sur le capteur.

#### Nota bene

Le fait d'aller de la catégorie la plus simple vers la plus complexe ne signifie nullement que l'on augmente la précision de la méthode, mais cela permet de réduire le temps nécessaire à la prise de vue. C'est pour cette raison que, si les méthodes de laboratoire, c'est-à-dire celles pouvant fonctionner sur un modèle fixé sur un support, peuvent les utiliser toutes, il n'en va pas de même des méthodes endo-buccales où **seules les méthodes les plus complexes (que l'on appelle souvent matricielles) peuvent assurer une empreinte suffisamment rapide pour effectuer la saisie des données sans être dérangé par un éventuel mouvement du patient.**

Note de la rédaction : l'émetteur de lumière peut produire une lumière dite cohérente, comme le laser, ou une lumière dite non cohérente.

Cette lumière est passée dans des sortes de filtres qui lui donnent une certaine modulation apparaissant alors sous forme de points ou de lignes, ou d'une projection d'ensemble de lignes ou de formes, voire de bandes de lumière blanches et noires (lumière incohérente).

Cette lumière est envoyée sur l'objet et revient sur le capteur. Celui-ci peut être une diode ou un capteur de type ccd (caméra).

tion x, y et z de chaque point constituant la surface mesurée.

Comme il s'agit d'un ensemble de points, on parle classiquement de la création **d'un nuage de points.**

La deuxième étape de la CFAO, appelée aussi CAO (ou CAD), varie suivant les systèmes sur le marché.

Soit elle consiste à restituer la forme lue (comme le Cercon par exemple), soit elle sera capable, à partir de l'empreinte, de modéliser la future couronne en déformant une couronne théorique pour l'adapter à la préparation mesurée. Ce genre d'étape peut être extrêmement complexe et aller jusqu'à intégrer des systèmes d'analyse des mouvements mandibulaires et même des systèmes experts de correction de la pathologie rencontrée en bouche.

En général, les logiciels d'aujourd'hui sont simples à utiliser car, d'une part ils ont été rendus très conviviaux et professionnels (l'interactif est très simple), et d'autre part, les nouvelles générations se sont largement habituées à manipuler des images numériques grâce aux jeux présents sur les ordinateurs.

Ces deux dernières années ont été marquées par un progrès considérable dans la qualité de l'imagerie. Cette pureté peut être remarquée particulièrement dans le système Cynovad, GC ou la dernière version Software du Cerec 3 où nous travaillons sur de véritables images pseudo 3D.

**“Pour cela, il existe des cartes spécifiques que l'on appelle de conversion analogique digitale qui, à partir des informations électriques reçues, enverront un flot d'informations dans l'ordinateur correspondant à la position x, y et z de chaque point constituant la surface mesurée”.**

## 2) LA MODÉLISATION OU CAO

La deuxième étape de la prise d'empreinte consistera à transformer ces valeurs électriques en valeurs numériques exploitables par l'ordinateur. Pour cela, il existe des cartes spécifiques que l'on appelle de conversion analogique digitale qui, à partir des informations électriques reçues, enverront un flot d'informations dans l'ordinateur correspondant à la posi-

## 3) L'USINAGE OU FAO (OU CAM)

La troisième étape est la phase de fabrication de la prothèse. Cette étape se divise en deux grandes parties.

**Une partie de conversion digitale et analogique, et une partie d'usinage proprement dite.**





## I Les étapes essentielles

### a) Conversion digitale et analogique :

Lorsque la future prothèse a été modélisée à l'écran, les informations que nous possédons sont des informations numériques. Pour obtenir la prothèse, il faut déplacer l'outil de coupe de telle sorte qu'il suive la surface modélisée. Pour cela, nous agissons sur des moteurs qui se déplaceront en fonction des ordres reçus par une carte de l'ordinateur appelée carte de transformation et de puissance.

**Il y a donc transformation de valeurs numériques en mouvement analogique.**

Pour simplifier l'explication, je dirai que, pour déplacer une fraise de coupe à 10 mm (longueur mesurée sur le logiciel), la carte demandera au moteur de tourner 10 fois, chaque tour représentant un déplacement sur un rail (ou axe) de 1 mm. Si c'est 2 mm, on fera faire 2 tours.

Si on déplace dans l'espace, on se déplacera selon les axes x, y et z. Pour des formes complexes, en particulier les contre dépouilles, on sera obligé de rajouter des axes de rotation autour des axes x, y et z. Classiquement, une machine-outil de CFAO dentaire possède aujourd'hui entre trois et cinq axes de déplacement (trois de déplacement horizontaux et deux de rotation au maximum).

Les deux plus beaux exemples de ce type de réalisation sont la mini-fraiseuse du Cerec 3 et le centre d'usinage du système Everest de Kavo. Ces machines étant particulièrement coûteuses, elles sont souvent déportées des laboratoires vers des centres spécialisés.

### b) les Différents types « d'usinage »

Reste à définir le mode d'usinage choisi. Il existe de nombreuses méthodes d'usinage.

- Les conventionnelles

Les unes sont dites conventionnelles et sont représentées par des outils d'enlèvement de matière par coupe ou meulage, les autres sont dites non conventionnelles car elles sont peu utilisées et sont, pour la plupart, récemment apparues sur le marché. Les méthodes conventionnelles se retrouvent dans la quasi-totalité des systèmes. Ce sont les méthodes par enlèvement de matière. Il s'agit de tailler dans une masse de matériau à l'aide d'un outil de coupe ou à d'une meule diamantée.

- Les usinages non conventionnels :

Ils sont pour leur part peu représentés. Il existe bien sûr toutes les méthodes d'électro-érosion qu'utilisent largement Procera pour son titane, mais aussi récemment les méthodes d'addition de matière comme les stéréo-lithographies, ou la technique d'apposition de Bego qui consiste à façonner la forme non pas en sculptant mais en la construisant élément par élément. Ces méth-

odes peuvent se faire avec des métaux spéciaux comme avec des résines photo-polymérisables.

**“nous agissons sur des moteurs qui se déplaceront en fonction des ordres reçus par une carte de l'ordinateur appelée carte de transformation et de puissance”.**



Par François Duret